N° 84 juil.-août-sept. 1988, 29-38

QUELLE(S) MÉTHODE(S) POUR L'ENSEIGNEMENT EXPÉRIMENTAL DE LA CHIMIE ?

(1er cycle universitaire)

par Alain DUMON

On se propose de répondre aux questions suivantes :

- *Quelle(s) image(s) la bibliographie donne-t-elle des méthodes pour l'enseignement expérimental ?*
- *Quel(s) critère(s), assez pertinent(s) et peu nombreux proposer pour une classification des méthodes recensées ?*
- *Peut-on espérer un (ou quelques) choix de méthode(s) jugée(s) « préférable(s) » au terme de cette analyse.*

Les facteurs (et notamment les contraintes) qui conduisent à l'adoption de telle ou telle méthode sont analysées ; les différentes méthodes rencontrées sont positionnées dans un espace à trois dimensions (degré d'autonomie, relations avec le cours, relations dans le groupe TP) ; les bases d'une stratégie de choix d'une méthode par l'équipe enseignante sont énoncées.

INTRODUCTION

Une fois le problème du « pourquoi » résolu (cf. [1]) se pose alors la question du « comment » (2e niveau de l'ensemble des démarches à mettre en œuvre pour l'élaboration d'une séquence d'enseignement). Nous avons déjà eu l'occasion de signaler [1] combien cette « recherche des méthodes et des moyens d'enseignement » était dépendante de la définition préalable des objectifs pédagogiques à atteindre : il paraît évident que l'on ne pourra pas conduire l'étudiant à « utiliser une démarche scientifique pour la résolution d'un problème de nature expérimentale » en lui proposant lors de sa scolarité une série de TP type « recette de cuisine ». Mais si la connaissance des objectifs à atteindre est une condition nécessaire à la mise en place d'une méthode d'enseignement, ce n'est pas une condition suffisante, plusieurs stratégies d'enseignement peuvent être, et ont été, utilisées pour atteindre des objectifs identiques.

- Quels sont les différents facteurs pouvant intervenir sur le choix d'une stratégie d'enseignement ?
- Quelles sont les différentes stratégies possibles ?

Nous allons essayer à partir de quelques articles publiés sur le sujet de répondre à ces questions.

I. - FACTEURS INFLUENÇANT LE CHOIX D'UNE STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT

Lorsqu'un enseignant désire mettre en place une séquence d'enseignement pratique, diverses questions se posent à lui, divers facteurs influent sur sa décision : le schéma proposé par Frazer [3] (fig. 1) résume bien cette problématique du choix.

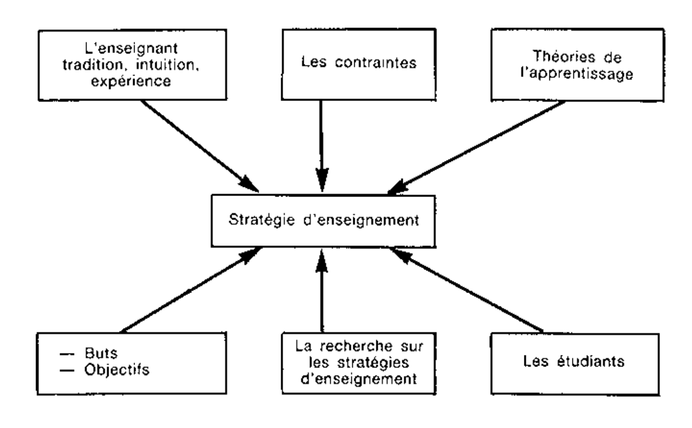


Figure 1 : Facteurs influençant le choix d'une stratégie d'enseignement [3]

1.1. - L'enseignant

L'absence de formation pédagogique des enseignants du supérieur couplée *avec le fait que les enseignements* pratiques sont généralement confiés à des enseignants *débutants conduit ceux-ci à reproduire* l'enseignement qu'ils ont reçu.

Bien sûr quelques enseignants qui, par expérience, se rendent compte que « sous leur forme actuelle les TP ne servent pas à grand chose [5] » essaient d'innover. Mais, outre le fait que l'information relative aux innovations est très dispersée, le peu de considération accordée par l'institution aux efforts qu'ils font (ou feraient) dans ce sens en décourage beaucoup.

1.2. - Les contraintes

Elles peuvent être :

a) imposées de l'extérieur : contraintes institutionnelles

Supposons que la décision « d'innover » soit prise et que l'enseignant fixe comme but à l'enseignement expérimental : « permettre par la mise en contact de l'étudiant avec l'objet physique l'acquisition intégrée, par voie expérimentale, des concepts ». Si une méthode de type « découverte guidée » est choisie, que de problèmes se posent alors ! Par exemple les problèmes relatifs :

- aux salles destinées à la structuration des concepts (exposés, documents, médiathèque...) : elles doivent être proches des salles de TP (combien de facultés en possèdent ?) ;
- à l'organisation de tels enseignements dans le cadre d'un schéma directeur des enseignements fixé par l'UER ;
- au nombre global d'étudiants ;
- au budget disponible ;
- au choix des enseignants volontaires (et compétents) pour encadrer les étudiants (il en faut beaucoup en 1er cycle ?) ;
- etc.

Certes ces problèmes peuvent être (et ont été) réso*lus par des enseignants décidés, mais il y a là aussi de* nombreux facteurs de découragement.

b) choisies ou acceptées par l'enseignant

Degré de liaison cours, TP, TD ; effectif d'un groupe de TP ; taux d'encadrement du groupe ; travail de l'étudiant individuel ou en binôme ; temps de travail consenti par l'enseignant en sus de son temps de présence devant les étudiants ; *mode d'évaluation des étudiants, etc.).*

c) sans oublier l'existence de « fausses contraintes »

que l'enseignant peut se créer par référence à la tradition (cf. 1.1.1). Par exemple, la durée d'une séance de TP qui *peut être, le plus souvent, fixée à volonté.*

1.3. - Les théories de l'apprentissage

De l'examen de ces théories (Behaviorisme, Analyse hiérarchique des tâches, Gestalt Psychology, Psycholo*gies cognitive et humaniste* [3]) se dégagent des lignes directrices communes pouvant être utiles à la conception des enseignements pratiques.

- Toutes les théories s'accordent pour dire que l'étudiant doit être actif ; actif dans le sens qu'il doit être impliqué au maximum dans son activité d'apprentissage. Cela suppose que l'étudiant perçoive un lien entre cet apprentissage et ses besoins : qu'il soit motivé. Cette motivation peut être introduite :

— en laissant l'étudiant réaliser des manipulations portant sur des sujets, des techniques qu'il préfère ;

— en laissant l'étudiant libre de choisir le temps qu'il souhaite passer au laboratoire ;

— en *choisissant des thèmes de manipulations* en rapport avec l'environnement quotidien des étudiants ;

— en proposant aux étudiants des mini-projets dès la première année.

- La plupart des théories suggèrent que les aptitudes *se construisent de façon séquentielle, hiérarchique* (dans le sens d'une complexité croissante des habiletés intellectuelles) s'appuyant sur ce que l'étudiant connaît déjà ou sait déjà faire. Cela suppose une structuration des séquences d'enseignement.

Les questions à se poser pour construire une séquence d'enseignement tendant vers le maximum d'efficacité sont alors :

— qu'est-ce que l'étudiant doit être capable de faire pour pouvoir apprendre ceci ?

— ce que je désire lui apprendre se raccroche-t-il à une expérience antérieure ?

— est-il en mesure d'appréhender et de comprendre *ce que je désire lui apprendre ?*

1.4. - Les buts et objectifs

Nous avons déjà eu l'occasion de développer ce point [1].

Nous préciserons seulement :

— *que la méthode choisie doit être en accord avec* les objectifs ;

— que la formation au laboratoire doit conduire à plus qu'une simple connaissance de la chimie ou qu'à l'acquisition d'habiletés manipulatoires : « Les attitudes et valeurs apprises au laboratoire resteront en fait chez l'étudiant plus longtemps et avec plus de conséquences que le contenu scientifique en façonnant à la fois l'individu et la société » [10]. *D'où l'intérêt à accorder aux* objectifs d'attitudes.

1.5. - La recherche sur les stratégies d'enseignement

Progressons encore dans notre volonté de moderniser notre enseignement. Il s'agit maintenant d'être conscient des difficultés liées à la conception d'activités ayant une efficacité au niveau des apprentissages. Prenons une nouvelle fois l'exemple de l'acquisition des concepts. Les quelques rares recherches effectuées dans le domaine de l'enseignement expérimental [5, 6, 7] sont peu encourageantes, ce qui conduit A.H. Johnstone à dire : « Je pense que les étudiants peuvent passer à travers les activités de laboratoire sans avoir rien appris car il est possible de les mener à terme sans que le cerveau soit engagé dans le travail » [8].

Pour que l'étudiant puisse retirer « quelque chose » des activités expérimentales, des précautions s'imposent donc au niveau de leur organisation [9] :

— *dire clairement à l'étudiant où il doit aller* (objectifs clairs) ;

— *distinguer dans le document écrit* : ce qui est préparatoire à l'expérience, ce qui est accessoire, ce qui est *essentiel* ;

— reformuler les textes d'expériences en fonction des objectifs à atteindre (éviter les recettes) ;

— ne pas vouloir atteindre à la fois des objectifs de type « habiletés manipulatoires » et des objectifs du domaine de l'interprétation ; s'assurer que les premiers sont atteints avant de les utiliser pour une quelconque investigation.

1.6. - Les étudiants

La population étudiante entrant au laboratoire de chimie, en particulier en premier cycle, est très hétérogène. Cette hétérogénéité porte sur :

— les acquis antérieurs, tant sur le plan des contenus (bacs C, D, E, F) que des habiletés manipulatoires (certains n'ont jamais manipulé personnellement lors de leur scolarité) ;

— les motivations : les travaux pratiques de premier cycle s'adressent aussi bien à des futurs chimistes (peu) qu'à des futurs physiciens, mathématiciens, biologistes ou géologues ; de plus, *certains étudiants de première* année sont souvent « en attente » en faculté des sciences en vue d'une orientation autre que scientifique ;

— la maturité et le développement intellectuel. Certains *(environ 50 %) n'ont pas atteint le niveau des opéra*tions formelles pourtant nécessaire à une bonne compré*hension des concepts de chimie.*

Il paraît alors illusoire de vouloir proposer à ces différentes catégories d'étudiants uniquement des activités qui nous semble convenir à des futurs chimistes.

II. - ÉTUDE ANALYTIQUE DES MÉTHODES D'ENSEIGNEMENT

Si l'uniformité semble la règle dans notre enseignement universitaire français, il n'en est pas de même dans les pays anglo-saxons.

L'enseignement expérimental y a été, et reste, le lieu d'essai d'un grand nombre de « méthodes pédagogiques » et une étude effectuée en 1978 par Boud et coll. [11] a recensé les nombreuses innovations réalisées.

La terminologie rencontrée dans la littérature, et apparemment spécifique, comme : « enseignement par projet », « méthode Keller », « laboratoire ouvert », « système personnalisé d'instruction »... ne doit pas faire illusion. Toutes ces méthodes présentent souvent de nombreuses caractéristiques communes.

Nous nous proposons dans cette partie d'identifier les caractéristiques essentielles de ces différentes méthodes et techniques d'enseignement. Notre analyse repose sur les critères suivants :

Les différentes utilisations de l'expérimentation dans l'enseignement peuvent être regroupées en deux grandes catégories suivant le rôle attribué à l'expérimentation.

— Catégorie 1 : c'est une technique au service de l'apprentissage des concepts. L'enseignement est ici centré principalement sur le contenu.

— Catégorie 2 : elle permet de développer des aptitudes, habiletés, attitudes liées au travail en laboratoire.

2.1. - Catégorie 1

2.1.1. - Nature des activités

Nous les présenterons par ordre d'individualisme décroissant.

a) Système personnalisé d'instruction (PSI) [12 à 29]

Sont regroupés sous cette appellation tous les systèmes issus de la psychologie « Behaviouriste » tels que l'enseignement programmé ou, le plus utilisé, le « Plan Keller ». Ces systèmes comportent des activités de laboratoire *étroitement* associées à un travail sur documents écrits et à l'utilisation d'auxiliaires didactiques en vue de l'atteinte d'objectifs (généralement spécifiques). Ils sont caractérisés par :

— un travail personnel de l'étudiant sur des unités d'enseignement programmées (de courte durée), à son rythme, en fonction de ses capacités et de ses contraintes de temps ;

— une évaluation *de maîtrise de chaque unité : l'étudiant* ne peut entreprendre l'étude d'une unité que s'il a maîtrisé les objectifs de celle qui précède. Les tests de passage sont demandés par l'étudiant quand il se sent prêt ;

— une utilisation de documents écrits (exposés, ouvrages de référence, problèmes, exercices, autoévaluation) et de « démonstrations » (réalisées par l'étudiant) *autant comme objet de motivation que comme source* d'information ;

— une rétroaction en situation d'apprentissage grâce à l'encadrant (tuteur : cf. 2.1.1. - b) qui le guide dans son travail, l'aide, l'encourage.

b) Enseignement modulaire [30 à 45]

La base de cette méthode est « l'analyse hiérarchique des tâches » de Gagné. Le contenu à acquérir est découpé en unités d'enseignement (« Packages ») cohérentes, assemblées en séquences. L'ensemble est fortement structuré. Les objectifs (intermédiaires) à atteindre sont définis pour chaque module. On peut noter que certains modules ne portent que sur des apprentissages spécifiques au laboratoire (appareillage par exemple).

Ici encore l'enseignement est individualisé (basé sur l'auto-apprentissage) avec cependant des phases de discussion en groupes restreints. Les autres caractéristiques (progression, encadrement, motivation...) sont les mêmes que pour les méthodes PSI.

c) Découverte guidée (46 à 52)

Dans ce cas l'enseignement repose sur une (ou plusieurs) démonstration(s) réalisées(s) par l'enseignant devant un groupe restreint d'étudiants. Il s'agit ensuite à partir de résultats d'expériences, des connaissances acquises, de discussions en groupe, de trouver une explication au(x) problème(s) posé(s). C'est une application de la « Gestalt Psychology ».

2.1.2. - Organisation des enseignements

a) Laboratoire ouvert

Si l'ont veut que chaque étudiant puisse travailler à son propre rythme, en fonction de ses horaires disponi*bles (salariés par exemple)*, il apparaît nécessaire qu'il ait accès au laboratoire tant qu'il le veut, au moment où il le peut (ou le désire) mais il doit y passer un minimum de temps. C'est pourquoi le laboratoire est ouvert de nombreuses heures par semaine et parfois entre midi et deux heures et le soir.

b) Tutorat

Cette liberté laissée à l'étudiant d'organiser son enseignement à son rythme entraîne obligatoirement l'impossibilité de l'enseignant responsable à encadrer en permanence l'ensemble des étudiants. Cette tâche est alors confiée à des « tuteurs » qui sont soit des étudiants des années supérieures, soit des étudiants diplômés et, à la limite, des assistants.

L'enseignant responsable planifie la formation, construit le matériel nécessaire (document guide, auxiliaire didactique et donne quelques conférences de synthèse (1 h par semaine par exemple).

Le tuteur s'occupe d'un petit nombre d'étudiants. Il les guide dans leur travail personnel, dirige les discussions, fait passer les tests d'aptitudes, assure une *rétroaction immédiate.*

c) Technologies éducatives

Dans le cadre des activités décrites, et en particulier pour les deux premières, les technologies éducatives (audio-visuel et micro-informatique) occupent une place importante, avec comme double rôle :

— d'assurer une accessibilité immédiate à l'information, éviter la répétition de la part du tuteur ou même le remplacer ;

— d'amener des informations variées, attrayantes, sous différentes formes (motivation).

De nombreuses innovations recensées par Boud et coll. suivant les appellations :

- Audio-tutorial Method (AT) ;
- Computer Assisted Learning (CAL) ;
- Computer Simulated Laboratory (CSL) ;
- Learning Aids Laboratory (LAL) (Audio-visuel et/ou affiches) correspondent en fait aux activités signalées ci-dessus (2.1.1.).

d) Groupes de travail restreints/ travail en box individuel

Les étudiants sont divisés en petits groupes (de 10 à 15 individus). Chaque groupe se voit désigner une paillasse au laboratoire et il peut avoir accès à diverses aides didactiques. Dans certains cas, chaque étudiant a à sa disposition, dans un box individuel, l'ensemble du matériel, expérimental et autre, nécessaire à son apprentissage.

Des salles servant à la discussion et aux exposés de synthèse doivent jouxter le laboratoire car l'interpénétration laboratoire - structuration des concepts doit être maximum.

e) Phases de discussion

La démarche à suivre pour « résoudre le problème », la solution « du problème », découle d'une discussion générale.

f) Interdisciplinarité/multidisciplinarité

L'interdisciplinarité a pour objet la restructuration, par thèmes le plus souvent, des enseignements d'une même discipline (ici la chimie) de façon à faire disparaître les découpages arbitraires en sous-disciplines.

La multidisciplinarité consiste, toujours à partir d'un enseignement thématique à recourir aux différentes disciplines (physique, chimie, biologie, ...) pour traiter d'un sujet donné.

2.2. - Catégorie 2

2.2.1. - Nature des activités

Nous les présenterons en allant de l'enseignement le plus dogmatique (l'initiative de l'étudiant est très limitée) qui, bien que destiné à faire acquérir des habiletés manipulatoires, est centré sur le contenu, à un enseignement centré sur l'individu (l'autonomie qui lui est accordée est grande).

a) Manipulations « tournantes » centrées sur le contenu [53 à 61]

C'est sous cette rubrique que peuvent être classées la majorité des manipulations répertoriées par Guerin [4] et Dumon [62]. Au cours d'une séance (ou séquence) d'enseignement les étudiants travaillent (généralement en binômes) sur des manipulations différentes ; l'ensemble des manipulations (ou presque) doit être réalisé par tous les étudiants. Le contenu de chaque manipulation est en étroite relation avec le cours.

b) Manipulations « en phase » centrées sur le contenu [63 à 70]

Ici les étudiants travaillent sur la même manipulation pendant la même séance de laboratoire. Les manipulations sont destinées à développer les habiletés manipulatoires à partir de l'introduction/l'illustration/l'application de concepts vus en cours.

c) Manipulations tournantes centrées sur l'expérimentation [71 à 81]

Dans cette catégorie, les manipulations sont orientées vers l'apprentissage de techniques expérimentales.

d) Manipulations « en phase » centrées sur l'expérimentation [82 à 95]

Dans ce cas un plus grand nombre d'aptitudes liées au travail en laboratoire peuvent être développées.

e) Résolution de problème [96 à 110]

Par le biais de séquences structurées, on cherche principalement à développer les aptitudes liées à la mise en œuvre d'une démarche expérimentale pour la résolution d'un problème donné. L'étudiant doit ici se poser des questions et y répondre, par lui-même, à partir de l'expérimentation.

f) Projet [111 à 137]

L'ensemble des activités du laboratoire est orienté vers la résolution d'un problème relativement complexe : l'étudiant est placé en position de recherche.

f-1) Le sujet du projet est fixé par l'enseignant.

f-2) Le sujet est choisi par l'étudiant, après consultation de l'enseignant.

Le projet peut être non seulement un moyen de développer l'ensemble des aptitudes propres à la recherche expérimentale mais servir également de base à l'acquisition de connaissances nouvelles : les cours disparaissent.

Le projet peut être réalisé individuellement ou en équipe.

Remarque

Différentes activités peuvent être proposées aux étudiants pour un enseignement expérimental donné. Par exemple a ou b et f-1 ou f-2.

2.2.2. - Organisation des enseignements

Outre les différentes possibilités déjà signalées (cf. 2.1.2.), on ajoutera :

g) Système personnalisé d'instruction (cf. 2.1.1.)

L'étudiant réalise sa manipulation / sa série de manipulation, individuellement, quand il le désire, à son propre rythme.

h) Enseignement « modulaire »

Chaque manipulation est conçue comme un ensemble complet (« package ») comprenant : document guide (*objectifs*, questions, exercices, travail à effectuer), documents de références, auxiliaires didactiques... Cette conception permet une approche individuelle, autonome de la manipulation. Les modules *peuvent également être* assemblés en séquences d'apprentissage hiérarchisées.

i) TP « Mode d'emploi »

L'étudiant suit pas à pas ce qui est décrit dans le manuel mis à sa disposition.

j) TP « ouvert »

Dans ce cas le déroulement de la manipulation n'est pas indiqué de façon explicite. La démarche à suivre doit être proposée par l'étudiant. Pour cela, il peut, par exemple, *s'appuyer sur un document introductif* et des questions qui lui sont posées. Il lui est alors possible de trouver plusieurs démarches pour arriver au résultat.

k) Phases de mise en commun des résultats

On vise par là à responsabiliser l'étudiant vis-à-vis des résultats qu'il annonce : la résolution du problème *nécessite le regroupement des résultats de tous (chaque* étudiant/binôme réalise une partie de la manipulation).

III. - APPROCHE SYSTÉMIQUE D'UNE STRATÉGIE D'ENSEIGNEMENT EXPÉRIMENTAL

Cette approche découle de la constatation suivante : lorsqu'on met en place une méthode d'enseignement, « les interactions entre les différents éléments — humains ou matériels — créent une dynamique interne à la *méthode qui produit des résultats supérieurs à la somme* des possibilités spécifiques de chaque élément » [138]. On crée ce que l'on peut appeler un « système » [138] d'enseignement expérimental (ou « système TP » pour simplifier).

La notion de système est liée à celle d'organisation des interactions entre les composantes principales du système [138]. *Quelles sont-elles ?*

Dans la réalité, les enseignements expérimentaux découlent le plus souvent *:*

— d'abord du choix préalable des contenus chimiques *(qui ne seront pas évoqués ici) ;*

— puis de leur mise en œuvre (cf. II) dans le cadre de l'ensemble des contraintes évoquées ci-dessus (cf. 1.1.2.).

Il nous est ensuite possible de décrire, de façon simplifiée certes, tout « système » TP du point de vue méthodes pédagogiques, comme la résultante [139] :

A. - du degré d'autonomie de l'étudiant (recherché ou accepté) ;

B. - du positionnement de l'activité par rapport au cours théorique (consciemment ou non) ;

C. - du niveau des relations entre les membres du « groupe T.P. » (recherché ou accepté).

Le « système TP », subissant par ailleurs un ensemble de contraintes, se positionne alors dans l'espace tridimensionnel A, B, C. Notons qu'en règle générale (tout au moins en France) aucune de ces trois coordonnées n'a réellement été clairement analysée ni vraiment choisie par l'enseignant.

L'ensemble des méthodes, rencontrées ou imaginables, peuvent être considérées comme des représentations possibles, par des zones plus ou moins étendues et souvent voisines, du « système TP » dans cet espace tridimensionnel (fig. 2). La visualisation dans l'espace de ces zones étant délicate, on schématisera, à titre d'illustration les projections des activités sur les plans A, B et B, C (fig. 3).

On retrouve d'une part une évidente différence entre les méthodes extrêmes (que tous les facteurs opposent) et une non moins évidente continuité entre les méthodes *intermédiaires. L'interpénétration des différentes zones* montre bien combien la notion de méthodes définies et distinctes est illusoire.

IV. - EN GUISE DE CONCLUSION : QUELLE MÉTHODE CHOISIR ?

Nous venons de voir que du TP « mode d'emploi » à « l'enseignement orienté par projet », les méthodes

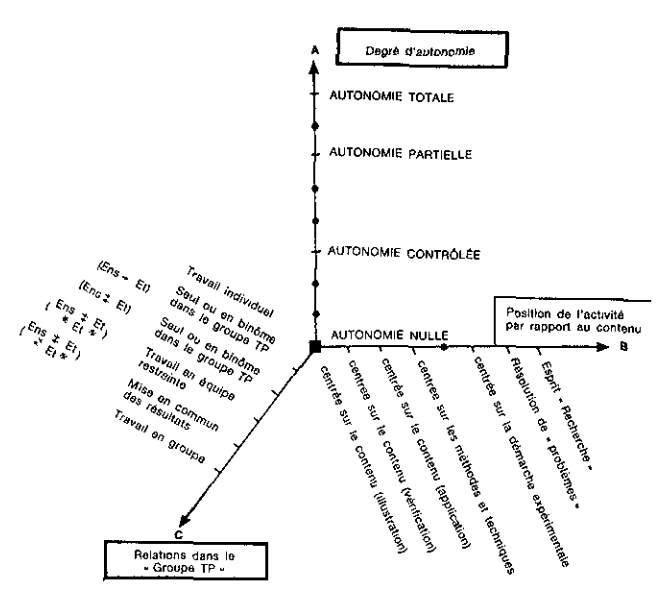
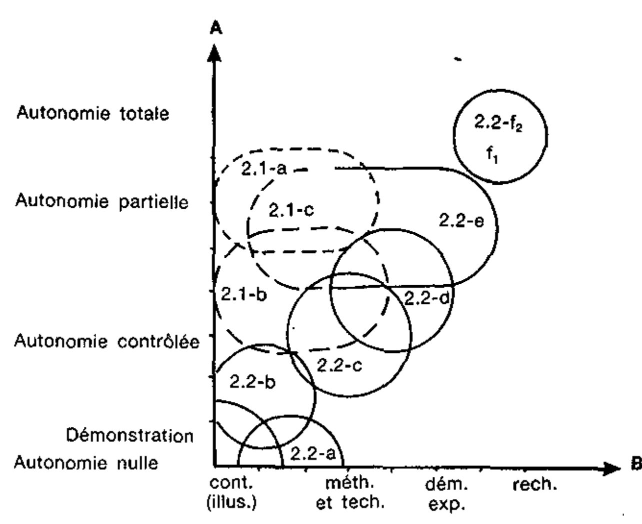


Figure 2 : Les trois axes (grossièrement indépendants) permettant de décrire un « système TP »



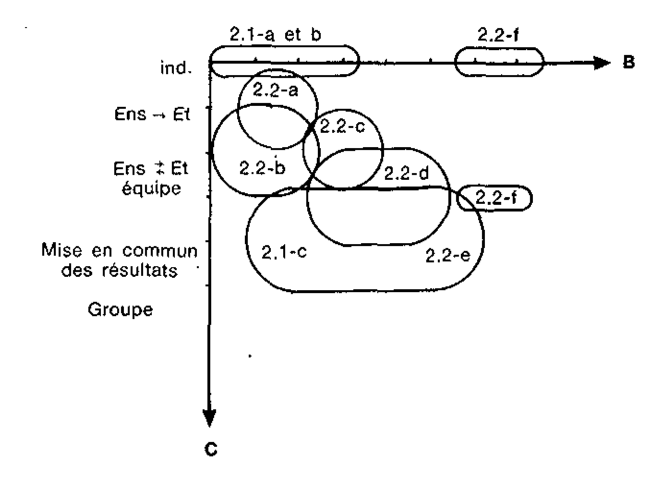


Figure 3 : Tentative de projection des zones correspondant aux activités décrites en II

d'enseignement sont nombreuses et variées. S'il peut paraître difficile, voire impossible, de décider a priori quelle est la meilleure méthode d'enseignement, il est cependant possible de tirer de cette étude quelques lignes directrices qui nous semblent devoir servir de guide pour la mise en place de séquences d'enseignement réfléchies et organisées.

— Les séquences d'enseignement doivent résulter de la définition préalable, en équipe, des buts et objectifs pédagogiques.

— Les contraintes doivent être analysées, toujours en équipe, en vue

- de l'énumération des contraintes réelles ;
- de la séparation entre contraintes imposées et choisies ;
- de l'élimination des fausses contraintes.

— Les contenus doivent être choisis — et adaptés — en tenant compte des contraintes, des objectifs, et du positionnement du « système TP » dans l'espace tridimensionnel A, B, C.

— Les coordonnées du « système TP » sur les trois axes A, B, C doivent résulter des considérations suivantes :

- l'étudiant doit être fortement impliqué dans la conduite de son travail ;

- l'étudiant doit être motivé pour mener à bien son (ses) expérimentation(s) ;

- la méthode mise en place doit tenir compte des acquis antérieurs des étudiants et de leurs possibilités ;

- l'enseignement expérimental doit contribuer :

- à développer les attitudes propres à la discipline,
- au développement personnel de l'individu ;

- les interactions entre les partenaires du « système TP » doivent être maximum.

— L'évolution dans les apprentissages doit être structurée (ce qui peut conduire à une évolution des méthodes dans le temps).

La bonne méthode pédagogique sera celle qui aura été **choisie** par l'équipe enseignante (charge à elle de l'évaluer) à la suite de tout ce qui précède.

Alain DUMON

Groupe de Recherche en Didactique de la Chimie (*)
Université de Pau

(*) Ce GREDIC fait partie des groupes liés par des conventions inter-universitaires à l'Université de Poitiers et constituant le Laboratoire Interuniversitaire de Recherche en Didactique de la chimie (LIRDIC), 40, avenue du Recteur-Pineau, 86022 Poitiers Cedex.

Bibliographie

Nota : Les références bibliographiques précédées du symbole * sont tirées de l'étude de BOUD et Coll. [11].

[1] DUMON (A.), « Un enseignement expérimental de la chimie (en premier Cycle Universitaire) : Pourquoi Faire ?, in Actes du séminaire ReCoDiC, **Expériences, démonstrations et TP de chimie : Pourquoi ? Lesquelles ? Comment ?,** 2 et 3 sept. 1985, Cachan.

[2] D'HAINAULT (L.) (1983), « Des fins aux objectifs de l'éducation », **Education 2000,** Nathan-Labor, Paris-Bruxelles.

[3] FRAZER (M.J.), MASKILL (R.) (1979). **Learning : Theory and Practice,** Report, University of East Anglia.

[4] GUERIN (M.), **Actualité Chimique,** oct. 1982, p. 38.

[5] JOHNSTONE (A.H.), WHAM (A.J.B.) (1980), **School Science Research,** 61 (217), p. 762.

[6] HEARLE (R.J.) (1973), **The identification and measurement of high school chemistry laboratory skills,** Ph. D. dissertation, University of Maryland.

[7] *URICHEK (M.J.) (1972), **J. Chem. Ed.**, 49 (4), p. 259.*

[8] JOHNSTONE (A.H.), Communication personnelle, mars 1985.

[9] JOHNSTONE (A.H.), WHAM (A.J.B.), **Educ. in Chemistry,** May 1982, p. 71.

[10] GARDNER (M.) (1978), **Pure and Appl. Chem.,** Vol. 50, p. 563.

[11] BOUD (D.J.), DUNN (J.G.), KENNEDY (T.), WALKER (M.G.), **Laboratory Teaching in Tertiary Science : a review of some recent development,** Herdsa, University of New South Wales, Kensington, NSW, 2033, Australia.

[12] BOUD (D.J.), BRIDGE (W.A.), WILLOUGHBY (L.) (1975), **British J. of Educ. Techno.,** 2 (6), p. 15.

[13] JACKMAN (L.E.) (1982), **J. Chem. Educ.,** 59 (3), p. 225.

[14] UKELES (S.D.) (1976), **J. Chem. Educ.,** 53 (4), p. 249.

[15] VALERIOTE (I.M.) (1976), **J. Chem. Educ.,** 53 (2), p. 106.

[16] LASZLO (P.), **Actualité Chimie,** févr. 1975, p. 21.

[17] DEROSE (J.V.), **The Science Teacher,** May 1972, p. 32.

[18] PETERSON (D.L.) (1977), **J. Chem. Educ.,** 54 (6), p. 362.

*[19] CASSEN (T.), FORSTER (L.) (1973), **J. Chem. Educ.,** 50 (8), p. 560.

[20] KAHN (P.B.), STRASSENBURG (A.A.) (1975), **Amer. J. of Physics,** 43 (5), p. 400.

*[21] CARRE (C.G.) (1969), **J. of Biol. Educ.,** 3, p. 57.

*[22] ADAMSON (H.), MERCER (F.V.) (1970), **J. of Biol. Educ.,** 4, p. 55.

*[23] MANWARING (G.), **Visual Education,** May 1973, p. 19.

*[24] GROBE (C.H.), STURGES (A.W.) (1973), **Science Educ.,** 57 (1), p. 65.

*[25] HACKETT (D.), HOLT (I.V.) (1973), **Science Educ.,** 57 (4), p. 499.

[26] BREWER (I.M.) (1974), **J. of Biol. Educ.,** 8 (2), p. 101.

*[27] HOLLEN (T.T.), BUNDERSON (C.V.), DUNHAM (J.L.) (1971), **Science Educ.,** 55 (2), p. 131.

*[28] RAMSAY (H.P.) (1973), **J. of Biol. Educ.,** 7, p. 19.

*[29] PRIGO (R.B.), KORDA (A.), WALKER (W.C.) (1975), **Amer. J. of Physics,** 43 (12), p. 1049.

[30] BREWER (I.M.) (1977), **Studies in Higher Education,** 2 (1), p. 33.

[31] RICHARDSON (S.E.) (1981), **J. Chem. Ed.,** 58 (12), p. 1007.

[32] PEARCE (E.M.), WRIGHT (C.E.), BORDOLOI (B.K.) (1980), **J. Chem. Ed.,** 57 (5), p. 375.

[33] LONG (R.) (1975), **Amer. J. of Physics,** 43 (4), p. 340.

[34] LILEY (B.S.), OSBORNE (R.J.), PEPPER (A.R.), **Physics Education,** sept. 1976, p. 401.

[35] TORREY (R.P.) (1976), **J. Chem. Educ.,** 53 (1), p. 37.

*[36] DOWDESWELL (W.H.) (1973), **J. of Biol. Educ.,** 7 (3), p. 8.

*[37] COLLINS (B.G.) (1976), **Australian Institute of Biological Science Education Review,** 5 (3), p. 10.

*[38] COLLINS (B.G.) (1978), **J. of Biol. Educ.**

*[39] CASTLEBERRY (S.T.), CULP (G.H.), LAGOWSKI (J.J.) (1974), **Educ. Techno.**, 14 (5), p. 50.

*[40] TAWNEY (D.A.) (1977), **Studies in Higher Educ.**, 2 (1), p. 1977.

*[41] McKITTRICK (J.L.), WINICH (D.M.) (1972), **Amer. J. of Physics**, 40, p. 191.

*[42] GOLDSHMID (B.), GOLDSHMID (M.L.) (1973), **Studies in Higher Educ.**, 2, p. 15.

*[43] BRANDT (D.), ANSELL (M.), CRYER (N.B.) (1974), 9, p. 23.

*[44] DODGE (R.A.) (1974), **Bioscience**, 24 (5), p. 310.

*[45] RUSSEL (J.) (1975), **American Biology Teacher**, 37 (6), p. 361.

[46] FAILES (R.), « Laboratory work without lectures », in Actes du Colloque UNESCO-IUPAC, **Rôle de l'enseignement expérimental dans l'enseignement de la chimie**, févr. 1978, Perth, Australie.

[47] WHISNANT (D.M.) (1982), **J. Chem. Educ.**, 59 (9), p. 792.

[48] KETTLE (S.F.A.), « Laboratory work in three Universities of Thailand » in Actes du Colloque : **Locally produced laboratory equipment for chemical education**, IUPAC-CIC, Copenhagen, août 1983 (Ed. E.W. Thulstrup).

[49] STEINER (R.P.) (1980), **J. Chem. Educ.**, 57 (6), p. 433.

[50] BEN-ZVI (R.), SILBERSTEIN (J.) (1980), **J. Chem. Educ.**, 57 (11), p. 792.

[51] WULFSBERG (G.) (1983), **J. Chem. Educ.**, 60 (9), p. 725.

[52] VONBLUM (R.), **American Biology Teacher**, nov. 1975, p. 467.

[53] LEFEVRE (R.), BONNIS-SASSI (M.), HOT (J.P.) (1978), « Un essai de Pédagogie par objectifs à l'Université », in Actes du Colloque **SIPO - Initiation à la technique des objectifs pédagogiques**, Toulouse.

[54] BULMER (R.S.), « Objectives - Their achievment and assessment in a first year chemistry laboratory course », in Actes du Colloque **The role of Laboratory Teaching in Chemistry**, févr. 1978. Adelaides, Australie (Ed. J. Davenport).

[55] CRANE (D.W.) (1981), **J. Chem. Educ.**, 58 (10), p. 794.

[56] SMART (R.S.C.), « Chemistry Labory Teaching in interdisciplinarity programs », in Actes du Colloque **Perth** (cf. 46).

[57] FINEGOLD (L.), HARTLEY (C.L.) (1972), **Amer. J. of Physics**, 40, p. 28.

[58] FINEGOLD (L.) (1972), **Amer. J. of Physics**, 40, p. 1383.

*[59] BEHROOZI (F.) (1976), **Amer. J. of Physics**, 44 (4), p. 334.

*[60] PRICE (R.M.), BRANDT (D.) (1974), **Amer. J. of Physics**, 42, p. 126.

*[61] ROSE (T.L.), SEYSE (R.J.) (1974), **J. Chem. Educ.**, 51 (2), p. 127.

[62] DUMON (A.), **L'Actualité Chimique**, avril 1981, p. 29.

[63] PATUMTEVAPIBAL (S.), « Integrating laboratory work with lectures », in Actes du Colloque **Perth** (cf. 46).

[64] HAENDLER (B.L.), COOK (R.), SIEMIENCOW (G.) (1982), **J. Chem. Educ.**, 59 (4), p. 333.

[65] CASTILLO (S.), DELTOUR (P.), LABARRE (M.C.), PERIE (J.J.), SCHWARTZ (B.), **L'Actualité Chimique**, sept. 1983, p. 19.

[66] McCALLUM (M.A.), **Student views of practical work**, Rapport, University of Glasgow.

[67] BERTHELOT (A.), SCHLEIFER (R.), REMIGNY (M.J.) (1982), **Pédagogiques**, 3 (1), p. 26.

[68] RASMUSSEN (P.G.), HOUGH (R.L.), KOZMA (R.B.) (1980), **J. Chem. Educ.**, 57 (3), p. 191.

*[69] FINE (L.W.), HARPP (D.N.), KRAKOWER (E.), SNYDER (J.P.) (1977), **J. Chem. Educ.**, 54 (2), p. 72.

*[70] DAVIES (E.R.), PENTON (S.J.) (1976), **Physics Education**, 11 (6), p. 404.

[71] CRYER (P.), RIDER (J.G.) (1977), **Physics Education**, sept. 1977, p. 389.

[72] COCHRAN (J.C.), LEWIS (D.IK.), STAGG (W.R.), WOLF (W.A.) (1972), **J. Chem. Educ.**, 49 (9), p. 630.

[73] MICHAEL (J.V.), SOUTHWICK (P.L.), WOOD (D.E.) (1972), **J. Chem. Educ.**, 49 (9), p. 637.

[74] RUNQUIST (O.) (1977), **J. Chem. Educ.**, 56 (9), p. 616.

[75] LAGOWSKI (J.J.), **Computer based methods for laboratory instruction**, Rapport pour « National Science Foundation » and the University of Texas.

*[76] BRON (W.E.) (1972), **Amer. J. of Physics**, 40, p. 380.

*[77] RINARD (P.M.), CALVERT (J.W.) (1973), **Amer. J. of Physics**, 41, p. 1018.

*[78] BARRETT (J.), BEEZER (A.E.), ELLIS (A.W.) (1976), **Educ. in Chemistry**, 13 (1), p. 17.

*[79] McCREW (L.A.) (1970), **J. Chem. Educ.**, 47 (11), p. 763.

*[80] REID (W.R.), ARSENAU (D.F.) (1971), **Amer. J. of Physics**, 39, p. 271.

*[81] MURRAY (D.L.) (1976), **American Biology Teacher**, 38 (1), p. 43.

[82] MULRONEY (G.), « Personalised instruction in the laboratory - A three year assessment », in Actes du Colloque **Adelaides** (cf. 54).

[83] PEGON (Y.), PAULTRE (C.), COMET (F.), ESCOFFIER (C.), HERILIER (H.), RIBON (B.), QUINCY (C.), **L'Actualité Chimique**, mars 1981, p. 36.

[84] SINGER (B.W.), LOCK (R.J.), **Educ. in Chemistry**, mars 1984, p. 51.

[85] BROWN (T.I.) (1972), **J. Chem. Educ.**, 49 (9), p. 633.

[86] HAMILTON (H.H.), McMAHON (J.D.) (1976), **J. Chem. Educ.**, 53 (4), p. 246.

[87] OLVER (N.H.), « Making and using videotapes as an integral element of laboratory teaching in chemistry », in Actes du Colloque **Adelaides** (cf. 54).

[88] POLLACK (H.), **Educational Technology**, March 1976, p. 39.

*[89] DAVIS (I.N.), COFIEY (C.E.), MACERO (D.J.) (1973), **J. Chem. Educ.**, 50 (10), p. 711.

*[90] PANTALEO (D.C.) (1975), **J. Chem. Educ.**, 52 (2), p. 116.

*[91] KEMPA (R.F.), PALMER (C.R.) (1974), **British J. of Educ. Technology**, 1 (5), p. 62.

*[92] BADSKI (C.A.) (1974), **The physics Teacher**, 12 (2), p. 85.

*[93] DUNN (I.R.), KNIGHT (M.D.P.) (1974), **An approach to group teaching using participatory TV Tapes**, International conference on frontiers in Education, London.

*[94] MELLON (E.K.) (1977), **J. Chem. Educ.**, 54 (2), p. 115.

*[95] O'CONNELL (S.), PENTON (S.J.), BOUD (D.J.) (1977), **Programmed learning and educational Technology**, 14 (2), p. 154.

[96] BONNECAZE (G.), CARDY (H.), IRATCABAL (P.), DUMON (A.), **L'Actualité chimique**, avril 1984, p. 38.

[97] CHISHOLM (M.G.) (1975), **J. Chem. Educ.**, 52 (11), p. 739.

[98] NORBERG (A.M.), **American Biology Teacher**, nov. 1975, p. 470.

[99] NUGENT (M.J.) (1972), **J. Chem. Educ.**, 49 (7), p. 491.

[100] DERKSE (W.) (1981), **J. Chem. Educ.**, 58 (7), p. 565.

[101] SILBERMAN (R.G.) (1982), **J. Chem. Educ.**, 59 (3), p. 229.

[102] HANSON (A.L.) (1981), **J. Chem. Educ.**, 58 (5), p. 434.

[103] OPHARDT (C.E.) (1978), **J. Chem. Educ.,** 55 (8), p. 485.

[104] JOHNSTONE (A.H.), WHAM (A.J.B.) (1979), **Educ. in chemistry,** 16, p. 16.

[105] LEVIEN (B.J.), « The use of the laboratory in the development of discussion, communication and decision - Making skills », in Actes du Colloque **Adelaides** (cf. 54).

[106] GOMEL (M.) (1970), « Enseignement axiomatique ou enseignement expérimental », in Actes IXe rencontre des enseignants de la chimie dans le 1er cycle, SCF, **Poitiers.**

*[107] POLLACK (H.) (1976), **Educational Technology,** 16 (3), p. 39.

*[108] McKENZIE (J.) (1976), **Physics Education,** 11, p. 475.

*[109] AYSCOUGH (P.B.) (1977), **Chemistry in Britain,** 12 (11), p. 348.

*[110] LORCH (R.D.) (1973), **Science Education,** 57 (2), p. 153.

*[111] HANSON (R.W.), SIMMONS (G.A.O.) (1972), 9 (2), p. 58.

[112] SCHEIDECKER (M.) (1978), « Les TP de chimie minérale : une occasion de développer l'autonomie des étudiants », in Actes du Colloque SCF sur **L'enseignement expérimental de la chimie,** Marseille.

[113] LETCHER (R.M.) (1980), **J. Chem. Educ.,** 57 (3), p. 221.

[114] HARDING (A.G.) (1973), **British J. of Educational Technology,** 4 (2), p. 94 et 4 (3), p. 218.

[115] MATHIAS (H.) (1976), **Chemistry in Britain,** 12 (8), p. 258.

*[116] ROUDA (R.H.) (1973), **J. Chem. Educ.,** 50 (2), p. 126.

*[117] MICHAEL (J.V.), SOUTHWICK (P.L.), WOOD (D.E.) (1972), **J. Chem. Educ.**, 49 (9), p. 636.

*[118] BLACK (P.J.), DYSON (N.A.), O'CONNOR (D.A.) (1968), **Physics Education,** 3, p. 289.

*[119] FOULDS (K.W.H.), HARLOW (R.G.), JACKSON (D.E.), WHORLOW (R.W.) (1969), **Physics Education,** 4, p. 344.

*[120] WILSON (I.R.) (1969), **J. Chem. Educ.,** 46 (7), p. 447.

*[121] WEHRY (O.L.) (1970), **J. Chem. Educ.,** 47 (12), p. 843.

*[122] BUONO (J.A.), BASCHING (J.O.) (1973), **J. Chem. Educ.,** 50 (9), p. 616.

*[123] HICKS (D.G.) (1973), **Journal of College Science,** 2, p. 27.

*[124] LERCH (R.D.) (1973), **Science Education,** 57 (2), p. 153.

*[125] ANDERSON (W.R.), MADJID (A.H.), PEDULALLA (J.), MARTINEZ (J.M.) (1974), **Amer. J. of Physics,** 42, p. 944.

*[126] D'AURIA (J.), CHESIN (R.), PALMER (E.) (1976), **J. Chem. Educ.,** 53 (6), p. 378.

*[127] JONES (D.G.C.), RICHARDS (M.G.), WEBB (J.) (1976), **Physics Education,** 11, p. 177.

*[128] THORNE (J.M.), MATHESON (K.I.) (1977), **J. Chem. Educ.,** 54 (3), p. 165.

*[129] CORNWALL (M.), SCHMITAUS (F.), JACQUES (D.), (Eds), **Project orientation in Higher Education,** Proc. of the international seminar, University of Bremen, Brighton Polytechnie and the University Teaching Methods Unit, University of London.

*[130] EABORN (C.) (1970), **Chemistry in Britain,** 6 (8), p. 330.

*[131] VEN KATACHELAM (C.), RUDOUAH (R.W.) (1974), **J. Chem. Educ.,** 51 (7), p. 479.

*[132] COHEN (S.A.), McVICAR (M.L.A.) (1976), *Amer. J. of Physics,* 44 (3), p. 199.

*[133] JONES (T.H.D.) (1976), **J. of College Science Teaching,** 5 (5), p. 316.

[134] BASTIDE (J.P.), DOLMAZON (R.), LATREILLE (H.), **Difficultés et satisfactions dans l'organisation de Travaux Pratiques Autonomes,** in Actes du Colloque SCF, Marseille (cf. 112).

*[135] FLINNER (J.L.), GIFFEN (W.C.) (1972), **The Physics Teacher,** 10 (2), p. 86.

*[136] HOLTZ (R.E.) (1972), **J. of College Science,** 3, p. 286.

*[137] JAMES (B.D.), KENNARD (C.H.) (1976), **Chemistry in Britain,** 12 (1), p. 6.

[138] DECAIGNY (T.) (1975), « Technologie éducative et audiovisuel », **Education 2000,** Nathan/Labor, Paris/Bruxelles.

[139] GOMEL (M.), **Les méthodes pédagogiques utilisées en TP,** in Actes du séminaire Recodic (cf. 1).